

# RELAZIONE TECNICA SULLO STATO DI CONTAMINAZIONE DELLE ACQUE SUPERFICIALI E SOTTERRANEE LUNGO LA VALLE DEL FIUME PESCARA FRA LA DISCARICA TRE MONTI ED IL CAMPO POZZI DI COLLE SANT'ANGELO

## 1. INTRODUZIONE

Nell'ambito delle attività istituzionali di Messa in Sicurezza della discarica abusiva in località "Tre Monti", sita nel comune di Bussi sul Tirino (PE), proprie del Commissario Straordinario Dott. Arch. Adriano Goio (di seguito definito come "Commissario"), nel corso del mese di Aprile 2012 sono stati effettuati dei prelievi di acque superficiali e sotterranee da sottoporre ad analisi chimiche.

La campagna di campionamento delle acque superficiali e sotterranee si è svolta nel periodo 1-27 aprile 2012 ed ha comportato il prelievo di 8 campioni di acqua superficiale (su altrettante sezioni di alveo) e di 37 campioni di acqua sotterranea (su un totale di 25 punti di prelievo fra pozzi e piezometri). Nel periodo 5-15 marzo 2012, preliminarmente alla campagna di prelievi, è stata effettuata una campagna di prospezioni in foro tramite *Electromagnetic Borehole Flowmeter* (flussimetro elettromagnetico da foro, EBF) al fine di individuare e quantificare la componente verticale dei flussi naturali in acquifero in modo tale da ottimizzare il posizionamento delle pompe di campionamento o dei campionatori passivi. Contestualmente ai prelievi di acqua sono state effettuate le misure di livello piezometrico statico.

Si specifica che lo strumento EBF misura, dentro un foro piezometrico, se vi sono e quanto sono intensi i flussi idrici naturali all'interno dell'acquifero (in pratica se l'acqua si muove o sta ferma all'interno del foro); se vi sono flussi, la misura con EBF li individua e permette quindi di posizionare le pompe ed i campionatori di prelievo proprio nel punto in cui l'acqua, dall'acquifero, entra nel piezometro con maggiore portata. In tal modo si cerca di massimizzare la concentrazione dei contaminanti che viene campionata.

Qui di seguito sono commentati i risultati della campagna di prelievi ed analisi.

Nel capitolo 2 verrà descritta la rete di monitoraggio prescelta ed il significato idrogeologico dei punti d'acqua.

Nel capitolo 3 verranno commentati i dati relativi agli inquinanti, in termini di concentrazione e di distribuzione geografica della contaminazione.

Nel capitolo 4 verranno commentati i dati relativi all'idrochimica di base.

Nel capitolo 5 verrà commentato il confronto fra la suddetta campagna di analisi (2012) rispetto alle precedenti (quella del 2011 effettuata sui piezometri attorno alla discarica; quelle del 2007 effettuate nell'ambito delle indagini della Procura della Repubblica di Pescara).

Infine nel capitolo 6 (Conclusioni) verranno riassunti i punti più significativi emersi dall'indagine.

Per la cartografia di riferimento, con l'ubicazione dei punti di monitoraggio, si rimanda agli elaborati contenuti nell'allegato CD.

## **2. RETE DI MONITORAGGIO**

La rete di monitoraggio delle acque sotterranee è formata da 25 punti.

Nel seguito si raggrupperanno i suddetti punti in Zone in relazione alla geologia locale, alle risultanze della prospezione con EBF ed alla posizione rispetto al flusso di falda:

**Zona A:** vi si trova il piezometro superficiale **Pz5**, profondo 15 m ed interamente filtrato in depositi a grana fine poco permeabili (limi argillosi). Rappresenta il piezometro di monte idrologica della discarica abusiva Tre Monti, situato fra il fiume Pescara ed il corpo discarica; è completato in depositi a bassa permeabilità; l'EBF ha individuato flussi spontanei praticamente nulli, segno di permeabilità molto bassa;

**Zona B:** vi si trovano i piezometri superficiali **Pz4**, **Pz3**, profondi rispettivamente 9 e 6 m ed interamente filtrati in depositi a grana fine poco permeabili (limi argillosi), subito al di sopra del substrato di travertino. Rappresentano l'area in fregio alla discarica, sul lato orientale e subito a ridosso del fiume Pescara. Flussi naturali moderati sono stati rilevati dal EBF soprattutto nel piezometro Pz4 (tra 5 e 6 m di profondità) segnalando una ingressione di acqua dal Pescara verso il corpo superficiale della discarica. La permeabilità è maggiore del Pz5, anche in conseguenza della presenza di terre riportate e/o rimaneggiate in superficie;

**Zona C:** vi si trovano i piezometri superficiali **Pz2**, **Pz1**, profondi rispettivamente 15.5 e 13.5 m e filtrati in corrispondenza del substrato di travertino. Rappresentano l'area subito a valle idrogeologica della discarica e quindi prime sentinelle dei segnali di contaminazione in uscita dalla medesima. Nel travertino la circolazione è attiva con flussi naturali elevati rilevati dal EBF, soprattutto nel piezometro Pz2. La falda si muove attivamente nel travertino con una componente di flusso importante dall'alto verso il basso, controllato evidentemente anche dalla ricarica laterale dal Pescara;

**Zona D:** vi si trova un gruppo di 4 piezometri, 2 superficiali e 2 profondi, situati alla zona di confluenza Tirino-Pescara in destra Tirino entro sedime di proprietà *Solvay*. La zona è a circa 150 m a valle della discarica Tre Monti.

I piezometri superficiali sono **P41**, **P23.1**, profondi rispettivamente 10 e 19 m. Ambedue, sulla base della stratigrafia, sono ospitati esclusivamente entro depositi alluvionali da limosi a sabbio-ghiaiosi, mediamente comunque poco permeabili in virtù dei bassi flussi naturali rilevati dall'EBF.

I piezometri profondi sono **P23.2**, **PP5**, profondi rispettivamente 49 e 60.3 m. Il P23.2 è filtrato, fra 24 e 49 m, in depositi travertinosi, da massivi a detritici. Il EBF segnala un flusso consistente naturale di acqua di circa 6 L/min fra 30 e 40 m di profondità, entro il travertino, che tende a risalire verso l'alto. Il PP5 è filtrato tra circa 50 e 60 m, quindi al di sotto del precedente, entro una zona di travertino vacuolare in corrispondenza della quale la circolazione, come testimoniato dal EBF, è meno attiva rispetto al livello superiore filtrato dal P23.1;

**Zona E:** vi si trova un gruppo di 5 piezometri, 3 superficiali e 3 profondi, situati alla zona di confluenza Tirino-Pescara in sinistra Tirino ed all'imbocco della valle che porta al campo pozzi di Colle Sant'Angelo. La zona è a circa 300 m a valle della discarica Tre Monti.

I piezometri superficiali sono **A2**, **P59.1**, **P60.1**, profondi rispettivamente 20.6, 22 e 15.6 m. Mentre il primo ed il secondo sono filtrati solo in depositi detritici od alluvionali sciolti a medio-bassa permeabilità, a grana prevalentemente fine, il secondo è filtrato nel travertino, il cui tetto localmente si rinviene a circa 7 m da p.c.

I piezometri profondi sono **P59.2**, **P60.2**, **P60.3**, profondi rispettivamente 50, 50 e 100 m. Il P59.2 ed il P60.2 sono filtrati tra 24 e 49 m all'interno di alternanze di travertino vacuolare e detriti travertinosi; il EBF segnala un flusso assai attivo fra 24 e 34 m di profondità con ingresso di acqua nel piezometro. Il P60.3 è filtrato più in profondità, fra 55 ed 84 m, all'interno di depositi calcarei di tipo detritico, all'interno dei quali, comunque, il flusso naturale è assai più moderato rispetto all'intervallo sovrastante.

**Zona F:** vi si trova un gruppo di 4 piezometri, tutti superficiali, situati lungo il fondovalle del Pescara fra la confluenza con il Tirino ed il campo-pozzi di Colle Sant'Angelo. Da monte verso valle sono i piezometri **A5** (addossato al fianco settentrionale della valle, a 400 m da Tre Monti), **A3** (presso il fianco meridionale della valle, a circa 1000 m da Tre Monti), **B2** (presso il fianco meridionale della valle, a circa 1100 m da Tre Monti), **B3** (circa al centro della valle, a circa 2100 m da Tre Monti). La profondità è, rispettivamente, 20, 25, 18, 18 m.

Tutti i piezometri sono filtrati in depositi prevalentemente detritici, di natura calcarea e di litologia sovente travertinosi, costituenti la porzione più superficiale del riempimento di fondovalle del Pescara. La misura con EBF è stata possibile solo in A5 e B3; mentre i flussi sono esigui in A5, diventano significativi in B3 con presenza di una falda attiva con componente di flusso dal basso verso l'alto.

**Zona G:** vi si trova un gruppo di 4 piezometri e 2 pozzi, tutti profondi, salvo il piezometro C2, situati nell'area del campo-pozzi di Colle Sant'Angelo a circa 2300 m di distanza dalla discarica Tre Monti. Si tratta dei piezometri **C2** (superficiale, situato a valle del campo-pozzi), **ACAMonte** ed **ACAvalle** (in destra Pescara), **P3ACA** (in sinistra Pescara) e dei pozzi **ACA6** (in destra Pescara) ed **ACA4** (in sinistra Pescara).

La profondità dei piezometri è la seguente: C2 (14 m); ACAMonte (70 m); ACAvalle (65 m); P3ACA (33 m). Quella dei pozzi è la seguente: ACA6 (50 m); ACA4 (34 m). I due pozzi sono dismessi,

come tutti gli altri del campo-pozzi, sono di grande diametro (rivestimento di 0.4 m di diametro) e sono stati campionati come dei piezometri non essendo più armati.

La stratigrafia è complessa ma è dominata da livelli detritici biancastri travertinosi di varia pezzatura. ACAmonte è filtrato a maggiore profondità di ACAvalle. I flussi naturali, misurati con EBF, hanno evidenziato una bassa permeabilità in C2 mentre hanno evidenziato la presenza di una falda molto attiva con forte ricarica e componente di flusso dall'alto verso il basso; in ACAmonte si sono misurati i massimi valori di flusso naturale con portata fino a 20 L/min.

Nei due pozzi non è stato possibile effettuare la prospezione con EBF. Un profilo verticale di conducibilità elettrica effettuato con sonda multiparametrica ha permesso di individuare la posizione migliore per la ubicazione della pompa di prelievo e dei campionatori passivi.

## **RELAZIONE TECNICA SULLA RICOSTRUZIONE DELLA SUPERFICIE PIEZOMETRICA DEGLI ACQUIFERI SUPERFICIALI LUNGO LA VALLE DEL FIUME PESCARA FRA LA DISCARICA TRE MONTI ED IL CAMPO POZZI DI COLLE SANT'ANGELO**

### **3. INTRODUZIONE**

Nell'ambito delle attività istituzionali di Messa in Sicurezza della discarica abusiva in località "Tre Monti", sita nel comune di Bussi sul Tirino (PE), proprie del Commissario Straordinario Dott. Arch. Adriano Goio (di seguito definito come "Commissario"), nel corso del mese di Aprile 2012 sono state effettuate misure piezometriche del livello statico nei 25 pozzi o piezometri della rete di monitoraggio.

Dei 25 punti di misura sono stati prescelti 17 punti a minore profondità, attingenti ai livelli acquiferi più superficiali o comunque agli intervalli geologici più vicini al piano campagna e quindi potenzialmente in relazione idrodinamica con le acque superficiali (fiume Pescara). I punti prescelti sono i seguenti: Pz5, Pz4, Pz3, Pz2, Pz1, P41, P23.1, P60.1, P59.1, A2, A5, A3, B3, B2, ACAvalle, P3ACA, C2.

Il livello piezometrico, rilevato nei 17 punti suddetti, è stato interpolato assieme al livello idrometrico rilevato al fiume Pescara su alcuni punti di controllo. In tal modo è stata redatta una mappa piezometrica, tramite interpolazione con software Surfer 7.0 (Golden Software), condotta secondo l'algoritmo kriging ordinario (variogramma lineare di default).

La mappa piezometrica risultante è mostrata in Allegato, in 2 versioni grafiche differenti: mappa ad isolinee su base topografica visibile assieme alla ubicazione dei punti di controllo delle acque sotterranee; mappa a colori coprente la base topografica del fondovalle. Assieme alle linee isopieze vengono mostrate le linee di flusso della falda.

### **2. COMMENTO**

La superficie piezometrica è relativa all'acquifero o acquitardo superficiale, entro i 20-30 m da p.c. Nell'ambito di tale profondità vi sono diverse litologie e conseguenti permeabilità per cui sono possibili "salti" piezometrici lungo il percorso idrico sotterraneo. La ricostruzione della relazione fiume Pescara-falda, inoltre, è caratterizzata da incertezze insite nella conoscenza della permeabilità di subalveo e nella scarsità di punti di controllo del livello del fiume (nel caso della presente piezometria riferiti al monitoraggio ARTA).

Ad ogni buon conto la ricostruzione in pianta dell'andamento del livello piezometrico permette di ottenere le seguenti informazioni, assai utili nel contesto di causa:

- La falda idrica superficiale **presenta un flusso sostanzialmente regolare, da monte verso valle**, e da quote superiori a 233 m s.l.m. in corrispondenza della discarica Tre Monti fino a quote inferiori a 205 m s.l.m. presso il campo pozzi di Colle Sant'Angelo;
- La pendenza della superficie piezometrica è variabile in relazione alla permeabilità dell'acquifero; si passa da valori minimi nell'ordine del 5‰, nella porzione centrale del fondovalle del Pescara, a valori minimi di circa il 2% subito a valle della confluenza con il Tirino; tali forti variazioni di gradiente idraulico testimoniano la eterogeneità litologica del fondovalle e la presenza di zone più o meno permeabili;
- Risulta ben evidente la relazione fra fiume Pescara e falda superficiale in corrispondenza della discarica Tre Monti ed al campo-pozzi. **Presso la discarica Tre Monti il fiume Pescara è nettamente alimentante la falda** per cui l'acqua del fiume, per quanto possa essere controllato e permesso dalla bassa permeabilità dei limi, entra dentro l'area sottostante alla discarica. Presso il campo-pozzi, invece, avviene il contrario: appare evidente, dalla lettura delle linee di flusso, come il flusso di falda divenga radiale convergente con **il fiume Pescara che drena la falda in corrispondenza del campo-pozzi**;
- Risulta evidente il "salto" di livello piezometrico, subito a valle della discarica Tre Monti, fra l'acqua di saturazione contenuta nei limi e la falda a circolazione attiva nei travertini; il livello piezometrico nei piezometri Pz1 e Pz2 è nettamente più ribassato rispetto ai piezometri Pz5, Pz4, Pz3; risulta anche evidente come, allorquando la permeabilità dell'acquifero aumenti (parte centrale del fondovalle del Pescara), il gradiente idraulico si "addolcisca" presentando una evidente diminuzione.

### 3. CONCLUSIONI

La superficie piezometrica dell'acquifero superficiale della valle del Pescara indica che un inquinante idroveicolato dalla falda ed in lisciviazione dalla discarica Tre Monti viene trasportato verso valle in direzione del campo-pozzi con velocità variabile in relazione alla permeabilità dell'acquifero.

In corrispondenza della discarica il fiume Pescara è in condizione alimentante. Questo spiega, fra l'altro, la scarsa contaminazione dei piezometri Pz4, Pz3 e Pz2, immediatamente soggetti alla alimentazione delle acque pulite del fiume. Solo il piezometro Pz1, più schermato dall'effetto alimentante del fiume, risente nettamente dell'inquinamento proveniente dalla discarica.

In corrispondenza del campo-pozzi, anche in virtù del restringimento della sezione d'acquifero, la falda tende ad alimentare il fiume. Questo spiega perché, al campo-pozzi, il fiume Pescara non solo non può diluire l'acquifero ma risente anche di un contributo ulteriore di contaminazione, proveniente dalla falda, rispetto a quanto già presente nel fiume per lo scarico di stabilimento.

L'indagine piezometrica, pertanto, conferma il modello concettuale derivante dall'analisi idrochimica e di contaminazione.

**Bologna, 1 ottobre 2012**

**Prof. Alessandro Gargini**



### **3. STATO DI CONTAMINAZIONE (APRILE 2012)**

La presente relazione è una sintesi dei dati rilevati, che mette in evidenza i "punti forti" della campagna di indagini. I "punti forti" saranno ripresi nelle conclusioni. I certificati analitici ufficiali sono contenuti nel CD allegato.

Il commento sullo stato di contaminazione prende in esame, in primo luogo, la distribuzione della concentrazione, nella rete di monitoraggio, dei tre analiti, considerati cancerogeni, che, ormai da più di 20 anni, definiscono uno stato di contaminazione alla falda che alimenta il campo-pozzi di Colle Sant'Angelo, ciascuno individuato dal nome per esteso e dalla sigla: **Percloroetilene**

**o Tetracloroetilene (PCE), Tricloroetilene (TCE), Triclorometano o Cloroformio (CF).** Detti analiti sono quelli ritenuti più rappresentativi delle tipologie di produzione industriale e smaltimento rifiuti caratteristiche della zona e sono, quindi, considerabili come *markers* caratteristici dello stato di inquinamento della falda del fondovalle Pescara.

Verrà anche considerata la distribuzione di altri tipi di inquinanti:

- **La somma degli eteni o etileni clorurati (EC)**, considerata come la somma della concentrazione di PCE, TCE, 1,1-dicloroetilene, 1,2-dicloroetilene (nelle 2 forme isomere *cis* e *trans*), cloruro di vinile. 1,1-dicloroetilene e cloruro di vinile sono considerati cancerogeni. Tale valore somma è indicativo di uno stato di contaminazione da solventi clorurati, comprensivo sia dei prodotti originali (PCE+TCE) sia dei prodotti di biodegradazione in falda;
- Gli **etani clorurati**, in particolare 1,1,2,2-tetracloroetano (TeCA) e 1,1,2-tricloroetano (TCA), indicativi comunque di uno stato di contaminazione da solventi clorurati;
- Altri alcani clorurati, oltre al CF, non normati dal DL152/2006: **Carbonio Tetracloruro (CT)** e **Esacloroetano (EE)**, ritrovati al campo pozzi ed associabili, come *markers*, ad una contaminazione da peci clorurate e processi produttivi coinvolgenti alometani.

Il commento sulla distribuzione degli analiti terrà conto della suddivisione in zone operata sulla rete di monitoraggio. I valori analitici sono espressi come ppb (parti per miliardo o microgrammi/Litro). In grassetto sono evidenziati alcuni "punti forti".

Seguirà un commento sulla distribuzione dei contaminanti nelle acque superficiali.

Verranno evidenziati, in particolare, i superamenti dei limiti di concentrazione previsti dal D.Lgs. 152/2006 (Tabella 2 dell'allegato 5 alla parte IV), cioè la CSC (Concentrazione Soglia di Contaminazione).

Verranno comunque anche considerati composti non normati dal suddetto testo di legge.

Nel caso che il punto d'acqua sia stato campionato con due modalità diverse di prelievo (spurgo o campionatore passivo) verrà considerata la concentrazione maggiore e sarà indicato il punto con il suffisso *pass* nel caso di concentrazione derivata da campionatori passivi.

**3.1 – Percloroetilene (PCE; limite di legge pari a 1.1 ppb): la sostanza è assente in zona A, a monte della discarica;** in zona B, in fregio alla discarica, si ha contaminazione nell'ordine delle unità di ppb (6.3 ppb in Pz3); **in zona C, subito a valle della discarica, si raggiunge il picco assoluto di contaminazione nell'ordine delle centinaia di ppb** (283 ppb in Pz1) entro il travertino; in zona D, sempre in piezometri filtrati nel travertino, si arriva alle decine di ppb (48 ppb in PP5 filtrato tra 50 e 60 m di profondità), mentre la contaminazione è assente nei depositi alluvionali o detritici superficiali; in zona E si arriva sempre alle decine di ppb, anche se con valori inferiori alla zona D (max è 31 ppb in PF60.2*pass*), e la contaminazione si rinviene solo in piezometri che filtrano i depositi travertinosi (non si ritrova in A2 e PF59.1); in zona F, lungo la valle del Pescara, si superano in B3 i 10 ppb (10.7 ppb); in zona G, al campo-pozzi, si ha una contaminazione diffusa

attorno a 5 ppb con picco di 5.6 ppb in ACaValle (l'effetto di contaminazione si fa risentire fino al piezometro C2 con 1.17 ppb).

**La falda del fondovalle del Pescara è pervasivamente contaminata da PCE a partire dalla discarica Tre Monti fino al campo-pozzi di Colle Sant'Angelo con valori che passano dalle centinaia di ppb a valle discarica fino alle unità di ppb al campo-pozzi.** La contaminazione migra originalmente attraverso i depositi travertinosi, sia massivi sia detritici, e si sviluppa poi anche attraverso i corpi detritici calcarei che riempiono il fondovalle.

**3.2 – Tricloroetilene (TCE; limite di legge pari a 1.5 ppb): la sostanza è assente in zona A, a monte della discarica;** in zona B, in fregio alla discarica, le concentrazioni sono molto basse, inferiori al limite di legge; **in zona C, subito a valle della discarica, si raggiunge il picco assoluto di contaminazione nell'ordine delle centinaia di ppb** (125 ppb in Pz1*pass*) entro il travertino, con valori circa la metà rispetto ai picchi del PCE; in zona D, sempre in piezometri filtrati nel travertino, si arriva alle decine di ppb (22.5 ppb in PP5*pass* filtrato tra 50 e 60 m di profondità, sempre circa la metà del PCE), mentre la contaminazione è sotto i limiti di legge nei depositi alluvionali o detritici superficiali; in zona E si arriva sempre alle unità di ppb (max è 4.1 ppb in PF60.2*pass*), e la contaminazione si rinviene solo in piezometri che filtrano i depositi travertinosi (non si ritrova in A2 e PF59.1); in zona F, lungo la valle del Pescara, si superano in B3 i 2 ppb (2.1 ppb); in zona G, al campo-pozzi, si ha una presenza diffusa di TCE attorno a 1 ppb, comunque inferiore al limite di legge, con picco di 1.31 ppb in P3ACA.

L'effetto di diluizione operato dalla falda del fondovalle del Pescara, agendo su concentrazioni di TCE che, alla sorgente, sono più basse di quelle del PCE, fa sì che al campo-pozzi la contaminazione sia più attenuata e le concentrazioni siano più basse, al limite inferiori alla CSC.

**Comunque, la falda del fondovalle del Pescara è pervasivamente contaminata da TCE a partire dalla discarica Tre Monti fino a poche centinaia di metri a monte del campo-pozzi di Colle Sant'Angelo con valori che passano dalle centinaia di ppb a valle discarica fino alla unità di ppb al campo-pozzi.** La contaminazione migra originalmente attraverso i depositi travertinosi, sia massivi sia detritici, e si sviluppa poi anche attraverso i corpi detritici calcarei che riempiono il fondovalle. **In genere la concentrazione del TCE è circa la metà di quella del PCE, con un rapporto che si mantiene costante e che è analogo a quello rinvenuto alla discarica Tre Monti.** I campionatori passivi si dimostrano in genere più efficienti dello spurgo nel recupero del TCE.

**3.3 – Cloroformio (CF; limite di legge pari a 0.15 ppb):** si ricorda che fra tutte le sostanze considerate il CF presenta la solubilità in acqua maggiore, quindi la maggiore mobilità (a fronte, anche, di minori concentrazioni alla sorgente). **La sostanza è assente in zona A, a monte della discarica;** in zona B, in fregio alla discarica, le concentrazioni sono basse, anche se superiori al limite di legge, nell'ordine dell'unità (1.5 ppb in Pz4); **in zona C, subito a valle della discarica, si raggiunge il picco assoluto di contaminazione nell'ordine delle unità di ppb** (7.5 ppb in Pz1*pass*) entro il travertino; in zona D si arriva alle unità di ppb ma con valori pari a circa il 60% della zona C (picco di 4.8 ppb in P23.1*pass*) con presenza della sostanza anche nei depositi alluvionali o detritici superficiali, oltre che nei travertini tra 50 e 60 m di profondità; in zona E si arriva sempre alle unità

di ppb, ancora più diluite (max è 2.7 ppb in PF60.1pass), e la contaminazione si rinviene solo in piezometri che filtrano i depositi travertinosi (non si ritrova in A2 e PF59.1); in zona F, lungo la valle del Pescara, si superano sempre le CSC, stando al di sotto dell'unità, e si arriva ad un picco di 0.61 ppb in B3; in zona G, **al campo-pozzi, si ha una presenza diffusa di CF nel range 0.3-0.6 ppb, quindi sempre superiore al limite di legge**, con picco di 0.63 ppb in P3ACA ed effetti di contaminazione che si fanno risentire fino al C2.

**La falda del fondovalle del Pescara è pervasivamente contaminata da CF a partire dalla discarica Tre Monti fino al campo-pozzi di Colle Sant'Angelo con valori che passano dalle unità di ppb a valle discarica fino ai decimi di ppb al campo-pozzi.** La contaminazione migra originalmente attraverso i depositi travertinosi, sia massivi sia detritici, con una certa capacità di migrazione anche nei depositi sciolti superficiali, e si sviluppa poi anche attraverso i corpi detritici calcarei che riempiono il fondovalle. I campionatori passivi si dimostrano in genere più efficienti dello spurgo nel recupero del TCE.

3.4 – Eteni clorurati (EC): particolare interesse ambientale destano anche 1,1-dicloroetilene (1,1DCE; CSC=0.05 ppb) e cloruro di vinile (VC; CSC=0.5 ppb) in quanto cancerogeni. 1,2-dicloroetilene (1,2DCE) ha invece un limite normativo assai maggiore, pari a 60 ppb. La presenza di DCE (in ambedue gli isomeri) e di VC segnala uno stato di degradazione di clorurati superiori e, in genere, è associato a falde profonde, anossiche o comunque a mezzi a bassa permeabilità.

In zona A, a monte della discarica, sono presenti minime concentrazioni, inferiori alla CSC, di 1,2DCE e VC; in zona B, in fregio alla discarica, la situazione è simile, con presenza di minime concentrazioni di 1,2DCE a poche unità di ppb; **in zona C, subito a valle della discarica, si raggiungono concentrazioni ENORMI, con i valori in termini assoluti maggiori di tutto il monitoraggio: 1,1DCE arriva a 430 ppb (Pz1; 4 ordini di grandezza, quindi 10000 volte, la CSC), 1,2DCE arriva addirittura a 1080 ppb ( il picco assoluto di contaminazione per un singolo analita; Pz1pass), il cloruro di vinile arriva a 22,5 ppb (Pz1). Il totale di picco degli EC (compresi PCE e TCE) è pari a 1893 ppb;** in zona D gli isomeri del DCE sono molto concentrati (picco del 1,2DCE di 100 ppb in PP5) ed il cloruro di vinile arriva al massimo picco del monitoraggio (22.9 ppb in P41); vi sono segni evidenti di degradazione di clorurati superiori (come indicato anche dalla comparsa dell'etilene); **il totale di picco degli EC (compresi PCE e TCE) è pari a 220 ppb;** in zona E i prodotti di degradazione si riducono di molto, rimanendo limitati alle porzioni profonde di acquifero (picco di 6.7 ppb di 1,2DCE e di 2.9 ppb di 1,1DCE in PF60.2pass; in PF60.3 si ritrova ancora VC); **il totale di picco degli EC (compresi PCE e TCE) è pari a 47 ppb;** in zona F, lungo la valle del Pescara, 1,1DCE in B3 supera ancora la CSC con un valore di 0.89 ppb; le concentrazioni si riducono ancora e la somma degli EC, inclusi PCE e TCE, è pari a 17.4 ppb; in zona G, **al campo-pozzi, si ha una presenza diffusa del composto cancerogeno 1,1DCE con una media di 0.3 ppb (6 volte la CSC) ed un picco di 0.43 ppb in ACAmonte;** la somma degli EC, inclusi PCE e TCE, è pari a 9.4 ppb.

**La falda del fondovalle del Pescara è pervasivamente contaminata da eteni clorurati a partire dalla discarica Tre Monti fino al campo-pozzi di Colle Sant'Angelo con valori che passano dalle migliaia di ppb a valle discarica fino ad una decina di ppb al campo-pozzi. La cosa degna di rilievo**

**è che il composto di biodegradazione, considerato cancerogeno, 1,1DCE arriva al campo-pozzi con una concentrazione superiore alla CSC.**

3.5 – Etani clorurati (TeCA+TCA): TeCA ha una CSC molto bassa, pari a 0.05 ppb; TCA ha una CSC pari a 0.2 ppb.

**In zona A, a monte della discarica, sono assenti; in zona B, in fregio alla discarica, sono assenti; in zona C, subito a valle della discarica, si hanno, improvvisamente, 19.2 ppb di TeCA e 17.2 ppb di TCA; in zona D il PP5 presenta 2.6 ppb di TeCA e 3 ppb di TCA, quindi vi è ancora contaminazione; in zona E il PF60.2pass presenta 0.77 ppb di TeCA e 0.36 ppb di TCA, quindi vi è ancora contaminazione; in zona F, risulta ancora contaminato da TeCA il B3 con 0.18 ppb mentre TCA è a 0.15 ppb; in zona G, al campo-pozzi, si ha un picco di 0.06 ppb per TeCA ad ACAmonte ed uno poco superiore a 0.2 ppb per TCA ad ACA6.**

**La falda del fondovalle del Pescara è pervasivamente contaminata da etani clorurati a partire dalla discarica Tre Monti fino al campo-pozzi di Colle Sant'Angelo con valori che passano dalle decine di ppb a valle discarica fino a frazioni di ppb al campo-pozzi. La cosa degna di rilievo è che tali prodotti arrivano al campo-pozzi con una concentrazione superiore alla CSC. Pertanto al campo-pozzi ci sono 2 inquinanti in concentrazione superiore alla CSC: 1,1,2,2 TeCA, 1,1,2 TCA.**

3.6 – Alcani clorurati (AC): oltre al Cloroformio (CF, considerato a parte) ne fanno parte il Carbonio Tetracloruro (CT) e l'Esacloroetano (EE), ambedue non normati dal D.Lgs. 152/2006.

**Le sostanze sono assenti in zona A, a monte della discarica; in zona B, in fregio alla discarica, sono assenti; in zona C compaiono le sostanze con CT a 0.88 ppb e EE a 3.4 ppb; in zona D si assiste ad un ulteriore incremento delle concentrazioni, con il CT che arriva a 1.79 ppb in P23.1 ed EE che arriva a 12.4 in PP5; in zona E le concentrazioni calano ma sono sempre maggiori alla zona C (1.57 ppb per CT e 3.7 ppb per EE, ambedue in PF60.2pass); in zona F, lungo la valle del Pescara, le concentrazioni calano ma sono sempre maggiori della zona C per CT (1.25 ppb per CT e 0.54 ppb per EE, ambedue in B3); in zona G, al campo-pozzi, si ha una ulteriore diluzione (0.85 ppb per CT e 0.38 ppb per EE, rispettivamente in P3ACA e ACAMontepass).**

**La falda del fondovalle del Pescara è pervasivamente interessata da CT e EE a partire dalla discarica Tre Monti fino al campo-pozzi di Colle Sant'Angelo con valori che progressivamente si miscelano passando da valori massimi nell'ordine della decina di ppb alle frazioni di unità ppb. La circostanza anomala, rispetto a quanto avviene per tutte le altre serie di contaminanti, è che la zona a maggior concentrazione non è la discarica ma la confluenza Tirino-Pescara, dove sia in falda superficiale che in falda profonda compaiono le concentrazioni di picco. Appare, pertanto, che, per queste sostanze vi sia un contributo laterale aggiunto dalla valle del Tirino e quindi dallo stabilimento. Dette sostanze sono associate alla tipologia di produzione dei clorometani, attiva in stabilimento da vari decenni.**

3.7 – Acque superficiali: sono state campionate 7 sezioni d'alveo (5 sul Pescara, 2 sul Tirino) in posizioni monte/valle rispetto ai potenziali centri di contaminazione (discarica Tre Monti,

stabilimento *Solvay*). È stato anche campionato lo scarico, nel fiume Pescara, del sistema di depurazione acque di emungimento dello stabilimento *Solvay*.

Per uniformità con quanto fatto per le acque sotterranee si farà riferimento alle medesime soglie di concentrazione ed ai medesimi analiti.

L'ubicazione delle sezioni di prelievo è riportata nella cartografia versata in atti, elaborata dall'Ufficio Commissariale, cui si fa riferimento.

SUP (1) e SUP (7) sono le 2 sezioni di monte, rispettivamente del Pescara a monte della discarica Tre Monti e del Tirino a monte sia dello stabilimento sia delle discariche poste a nord dello stabilimento. **Nelle due sezioni suddette tutti gli analiti sono risultati assenti, inferiori al limite di rilevabilità.**

SUP (2) e SUP (6) sono le 2 sezioni di valle, rispettivamente del Pescara a valle della discarica Tre Monti e del Tirino a valle dello stabilimento. **Nella sezione di valle del Pescara tutti gli analiti sono risultati assenti, inferiori al limite di rilevabilità. Nella sezione di valle del Tirino si osserva la presenza di tracce di eteni clorurati (PCE, TCE, 1,2DCE), comunque tutti al di sotto di 1 ppb, e di Esacloroetano (valore poco al di sopra di 2 ppb).**

SUP (3) è lo scarico di stabilimento nelle acque del Pescara. **Lo scarico presenta le massime concentrazioni rilevate su tutti i campionamenti in acqua superficiale** con valori massimi per CF (23 ppb) e CT (10.1 ppb) e valori maggiori di 1 ppb per TCE e 1,2DCE. Presenti anche 1,1DCE, TeCA e TCA in valori superiori alle CSC per acque sotterranee. **Ovviamente tali valori sono tipici di uno scarico industriale, comunque a norma rispetto ai limiti imposti per lo scarico in acqua superficiale. Vengono illustrati per comprendere appieno la dinamica delle concentrazioni degli analiti nel fiume Pescara, riconducendoli ad una corretta determinazione delle sorgenti.**

SUP (4,5,8) sono 3 sezioni del Pescara, a valle di tutto, rispettivamente a monte dello sbarramento ENEL, a valle del medesimo ed in corrispondenza del campo-pozzi. Nelle sezioni di valle del Pescara i contaminanti sono presenti in concentrazioni diluite, significative per CF (0.79 ppb a SUP4) e 1,1DCE (0.08 ppb a SUP8). La dinamica delle sostanze rilevate nel Pescara va messa in relazione alle concentrazioni dello scarico di Stabilimento. Di seguito, per ogni analita, si indicheranno due valori: il primo è quello dello scarico di stabilimento, il secondo quello del picco ritrovato nel Pescara fra le sezioni 4,5,8 (fra parentesi è riportato il rapporto di diluizione):

PCE: 0.93 – 0.61 (1,5);

TCE: 1.7 – 0.136 (12,5);

*cis*1,2DCE: 1.55 – 0.38 (4,1);

1,1DCE: 0.22 – 0.08 (2,8);

CT: 10.1 – 0.35 (28,9);

CF: 23 – 0.79 (29,1).

CT e CF sono presenti nel Pescara a seguito dello scarico di stabilimento, presentando rapporti di diluizione analoghi. Le altre specie sono presenti in concentrazioni maggiori rispetto a quanto atteso per i rapporti di diluizione rispetto allo scarico di stabilimento, per cui non si può escludere che TCE, PCE, DCE affluiscano al Pescara dalla falda di subalveo che presenta concentrazioni superiori al fiume, sempre e sistematicamente, in corrispondenza del fondovalle (ZONA F) e del campo pozzi (ZONA G).

**A monte della discarica ed a monte dello stabilimento le acque superficiali sono pulite. Non vi sono sorgenti di contaminazione aliene al di fuori del sito contaminato di Bussi sul Tirino.**

3.8 – Commento alle analisi chimiche: l'acquifero di fondovalle del fiume Pescara, fra la discarica Tre Monti (comune di Bussi sul Tirino) ed il campo-pozzi di Colle Sant'Angelo (comuni di Castiglione a Casauria e Tocco a Casauria), è pervasivamente contaminato da composti organo-clorurati (eteni clorurati, etani clorurati, alcani clorurati) e, per gran parte del suo sviluppo, risulta contaminato anche ai sensi del D.Lgs. 152/2006.

**La sorgente di contaminazione primaria, responsabile dello stato di inquinamento della valle del Pescara, è fuori di ogni dubbio la discarica Tre Monti** a seguito della lisciviazione verso il basso e verso valle idrologica del percolato da essa prodotto.

Tale affermazione discende da tre considerazioni, legate, rispettivamente, allo stato della falda di monte idrologico, al profilo di concentrazione dei contaminanti lungo la valle del Pescara ed allo stato di contaminazione delle acque superficiali.

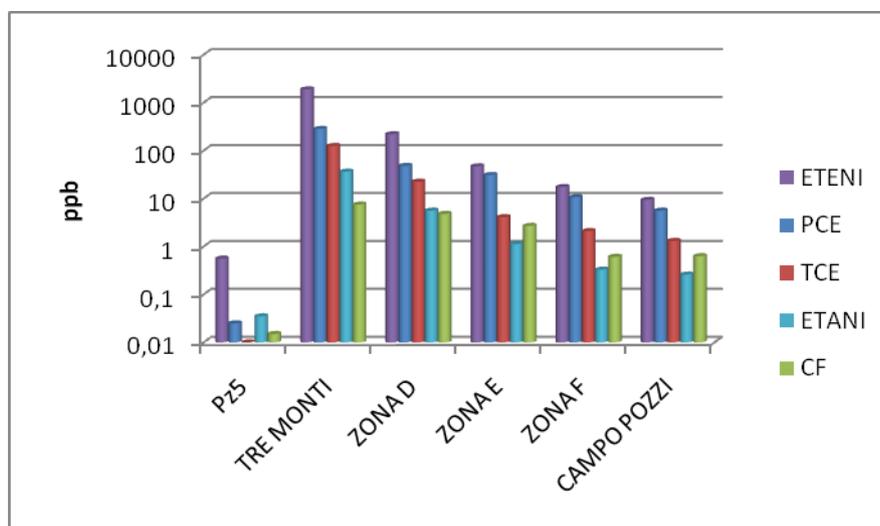
*3.8.1 – Stato della falda di monte idrologico:* il piezometro Pz5 risulta non contaminato; i piezometri in fregio alla discarica lungo il lato Pescara, soggetti pertanto sia alla diluizione e ricarica delle acque del Pescara sia alla contaminazione del percolato della discarica, risultano moderatamente contaminati; i piezometri di valle idrologica (Pz2 e soprattutto Pz1) manifestano le massime concentrazioni di tutta la rete di monitoraggio, con valori che arrivano alle migliaia di ppb. Tali valori scemano successivamente lungo la valle, come è da attendersi da un processo di normale diluizione per trasporto di falda.

**Appare evidente come sia la discarica la fonte primaria di contaminazione: a monte non si trova niente, immediatamente a valle si trovano concentrazioni elevatissime che successivamente tendono progressivamente a ridursi.**

*3.8.2 – Profilo di concentrazione dei contaminanti lungo la valle del Pescara:* ci si avvale di alcuni grafici, riportati qui di seguito, per mettere in evidenza come la discarica Tre Monti sia il focolaio di contaminazione primario di tutta la valle del Pescara fino al campo-pozzi di Colle Sant'Angelo.

Nel grafico di Fig.1 sono mostrate le concentrazioni di picco rilevate, durante la campagna del 2012, rispettivamente nel piezometro Pz5 (monte idrologico della discarica, Zona A), alla discarica (Zona C), alla confluenza Tirino-Pescara (Zona D), in sinistra Tirino alla confluenza con Pescara (zona E), lungo la valle del Pescara (zona F), al campo-pozzi di Colle Sant'Angelo (zona G). Sono

state considerate le concentrazioni di PCE, TCE, CF, sommatoria degli Eteni clorurati, Etani clorurati (1,1,2,2TeCA+1,1,2TCA).

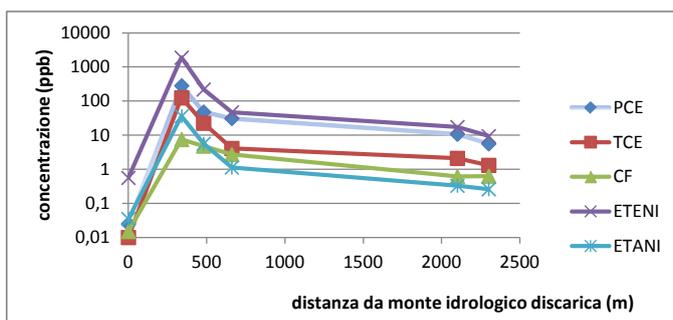


**Fig.1 concentrazione di picco dei composti clorurati nelle varie zone di analisi da monte a valle lungo la valle del Pescara. Le concentrazioni al Pz5 sono poste pari alla metà del limite di rilevabilità, se la concentrazione è inferiore al limite. La scala delle concentrazioni è logaritmica.**

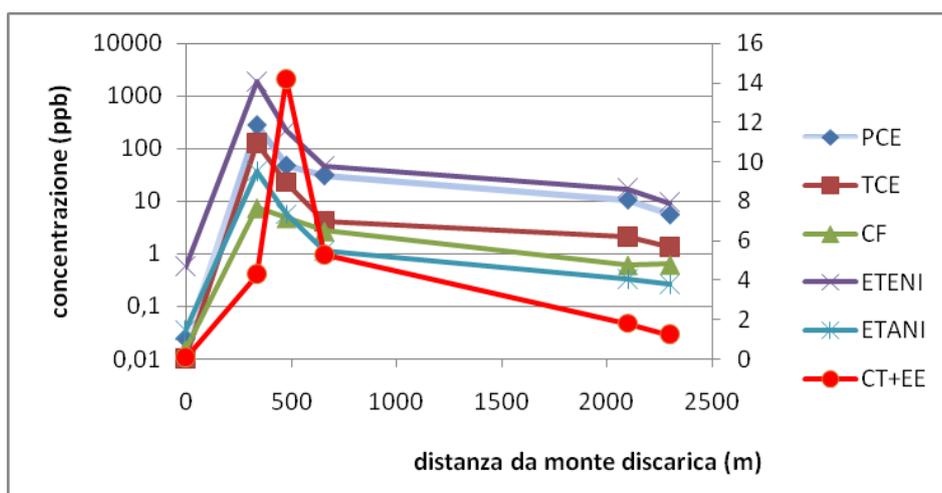
Appare evidente come, a fronte della totale assenza delle specie considerate nel piezometro di monte (è stata assegnata non una concentrazione zero ma la metà del limite di rilevabilità), si abbia un picco evidente nella falda a valle della discarica e poi si abbia una progressiva attenuazione della contaminazione per i processi di diluizione-dispersione-degradazione tipici dell'acquifero. Il grafico si commenta da solo: può osservarsi un *plume* composto di contaminazione che si muove lungo l'acquifero di fondo valle diluendosi progressivamente e provenendo da una sorgente, a monte della quale non c'è contaminazione.

In Fig.2 le stesse informazioni sono riportate ponendo sull'asse delle ascisse la distanza media reale, in planimetria lungo l'asse longitudinale della valle, delle varie zone. Risulta evidente l'effetto di diluizione che è sostanzialmente simile per le varie specie, fatto indicativo che la sorgente sia unica e che non vi siano sorgenti significative aggiuntive lungo il percorso.

In Fig.3 viene mostrata la Fig.2 con, in aggiunta, l'andamento delle concentrazioni di CT ed EE (Carbonio Tetracloruro ed Esacloroetano). Risulta evidente come l'andamento di questi due analiti sia difforme da quello di tutti gli altri, presentando un picco di concentrazione non in corrispondenza della discarica ma della Zona E (sinistra Tirino alla confluenza con il Pescara). Anche se la discarica contribuisce comunque alla contaminazione, risulta che la parte principale proviene da una fonte diversa, da individuarsi nella valle del Tirino e dunque nello stabilimento (si ribadisce che dette sostanze sono associate alla tipologia di produzione dei clorometani, attiva nello stabilimento medesimo da vari decenni).



**Fig.2** concentrazione di picco dei composti clorurati, secondo i medesimi 6 punti indicati in Fig.1, in relazione alla distanza in metri, da monte idrologico discarica, del baricentro della zona considerata (Zona A: 0 m; Zona B,C: 340 m; Zona D: 480 m; Zona E: 660 m; Zona F: 2100 m; Zona G: 2300 m). Per la zona A è considerato il piezometro Pz5; per la Zona F è considerata la posizione del piezometro B3. Le concentrazioni al Pz5 (distanza 0) sono poste pari alla metà del limite di rilevabilità, se la concentrazione è inferiore al limite. La scala delle concentrazioni è logaritmica.



**Fig.3** concentrazione di picco dei composti clorurati, secondo la medesima ripartizione indicata in Fig.2, in relazione alla distanza in metri, da monte idrologico discarica, del baricentro della zona considerata. Per la zona A è considerato il piezometro Pz5; per la Zona F è considerata la posizione del piezometro B3. Le concentrazioni al Pz5 (distanza 0) sono poste pari alla metà del limite di rilevabilità, se la concentrazione è inferiore al limite. La scala delle concentrazioni è logaritmica. In rosso è riportato l'andamento di Carbonio Tetracloruro (CT) ed Esacloroetano (EE).

**3.8.3 – Stato di contaminazione delle acque superficiali:** il fiume Pescara ed il torrente Tirino, a monte, rispettivamente, della discarica Tre Monti e dello stabilimento Solvay, sono non contaminati e privi di solventi clorurati.

Il fiume Pescara rimane sostanzialmente pulito anche a valle della discarica Tre Monti ed anche il Tirino, a valle dello stabilimento Solvay, presenta tracce ridotte di clorurati.

Nelle acque superficiali la unica fonte, relativamente consistente, di apporto di molecole inquinanti è data dallo scarico di stabilimento nel Pescara, scarico che contiene concentrazioni non trascurabili di CF, CT, PCE, 1,1DCE, TeCA, TCA. Va ricordato, comunque, che lo scarico è a norma di legge, in termini di concentrazione, per gli scarichi industriali in corpi idrici superficiali.

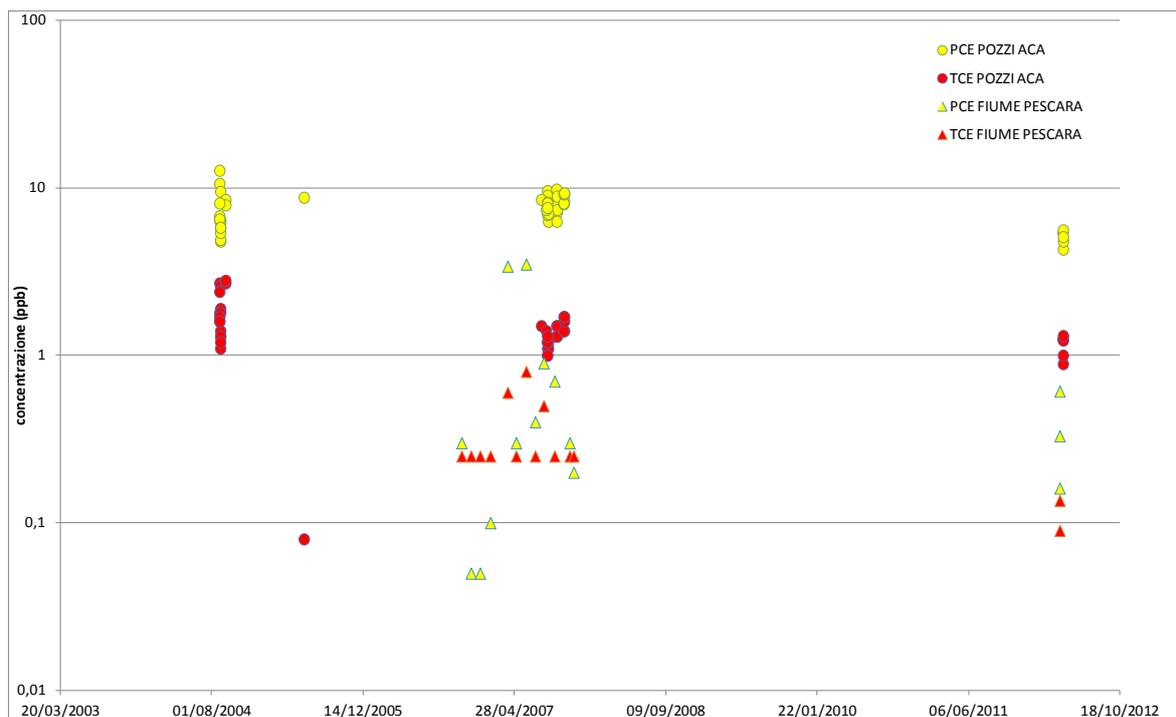
A seguito dei processi di diluizione del fiume tali sostanze si ritrovano, in concentrazioni inferiori, fino all'altezza del campo-pozzi.

Si badi bene, però, che le concentrazioni rilevate nel fiume Pescara, all'altezza del campo-pozzi, sia nell'indagine 2012 che nelle precedenti, **SONO SEMPRE E SISTEMATICAMENTE INFERIORI A QUELLE, PER GLI STESSI ANALITI, RITROVATE NELLA FALDA DEL CAMPO-POZZI**. Da ciò si evince che è impossibile ipotizzare che la falda del campo-pozzi sia contaminata dal fiume (avrebbe concentrazioni confrontabili o, probabilmente, più diluite). Il fiume semplicemente risente dello scarico di stabilimento che contiene i medesimi analiti che si muovono in falda. La falda del campo-pozzi è sicuramente contaminata, pertanto, dal *plume* di clorurati che si muove nel sottosuolo, lungo la valle del Pescara, e che proviene dalla discarica Tre Monti.

Per meglio evidenziare questo aspetto si riporta, in Fig.4, la distribuzione nel tempo delle concentrazioni rilevate di PCE e TCE ai pozzi del campo pozzi ACA di Colle Sant'Angelo assieme alle concentrazioni rilevate, dei medesimi analiti, nel fiume Pescara a valle del Tirino. Le analisi sono relative a diverse campagne svolte da diversi soggetti. Vi sono incluse le analisi dei pozzi ACA effettuate fra Agosto 2004 e Maggio 2005 da ARTA, le analisi sia dei pozzi che del fiume effettuate da ARTA dal Novembre 2006 al Novembre 2007 e le analisi effettuate dal Commissario nell'Aprile 2012 (sia sul fiume che sui pozzi ACA4 ed ACA6 e piezometri limitrofi attingenti alla stessa falda).

Appare evidente come, sia per il PCE che per il TCE, le concentrazioni nei pozzi **SIANO SEMPRE E SISTEMATICAMENTE SUPERIORI A QUELLE NEL FIUME** (il PCE, in giallo, è indicato con pallini per i pozzi e con triangolini per il fiume; il TCE, in rosso, è indicato con pallini per i pozzi e con triangolini per il fiume). La concentrazione del PCE nei pozzi è, in media, da 8 a 20 volte maggiore rispetto a quella nel fiume; la concentrazione del TCE è, in media, da 3 a 8 volte maggiore rispetto a quella nel fiume.

In base a tali dati può affermarsi che **non è il fiume che inquina la falda ma semmai l'opposto**; la forte ricarica laterale che gli acquiferi carbonatici esercitano sulle falde di fondovalle determina dei flussi molto attivi nel sottosuolo (come testimoniato dalla prospezione con EBF) con tendenza, verso il campo pozzi, a flussi dal basso verso l'alto (vedi EBF nel piezometro B3) quindi con la falda di fondovalle che si riversa nel fiume. I solventi ritrovati nel Pescara, oltre che dallo scarico di stabilimento, provengono dalla alimentazione laterale della falda contaminata che si riversa nel fiume. La tesi per cui sarebbe il Pescara, contaminato da solventi, ad inquinare la falda del campo-pozzi appare destituita da ogni fondamento alla luce, appunto, dei rapporti di concentrazione.



**Fig.4 concentrazione di PCE e TCE nel fiume Pescara a valle del Tirino e nei pozzi ACA di Colle Sant'Angelo, rilevata in varie campagne di prelievi. La scala delle concentrazioni è logaritmica.**

#### **4. CONFRONTO CON CAMPAGNE ANALITICHE PRECEDENTI (2007, 2011)**

La campagna di prelievi effettuata nell'Aprile 2012 dal Commissario è stata la quinta campagna sistematica condotta nel sito di studio.

Essa è stata preceduta da tre campagne condotte nel 2007 per conto della Procura della Repubblica di Pescara (Marzo, Giugno, Settembre) e dalla campagna condotta dal Commissario nel Marzo 2011. Le campagne hanno interessato la medesima rete di monitoraggio, anche se non sempre gli stessi punti di prelievo. Le analisi sono state condotte dal Laboratorio Arta Abruzzo (per quanto riguarda il 2007) e dal Laboratorio *Laser-Lab* di Chieti (per quanto riguarda il 2011).

Nel seguito vengono comparate le risultanze del 2012 con quelle delle campagne precedenti. Il commento verrà condotto "graficando" l'andamento dei picchi di concentrazione, secondo le zone da A a G definite nel presente studio, relativi agli analiti PCE, TCE, CF, ETENI CLORURATI.

Deve premettersi che, in occasione della campagna 2011, vi è stato uno scambio di campioni, nell'etichettatura dei medesimi, fra il piezometro Pz5 (appartenente alla Zona A, monte flusso discarica) ed il piezometro Pz1 (appartenente alla Zona C, valle flusso discarica). Infatti, fra tutti e 5 i piezometri della discarica, mentre a seguito delle tre campagne 2007 e della campagna 2012 risultava essere il Pz5 il piezometro più pulito ed il Pz1 quello più contaminato, come correttamente era prevedibile sulla base della localizzazione del focolaio di inquinamento (discarica) rispetto al verso del flusso di falda, nella campagna 2011 avveniva esattamente il contrario.

La causa di tale inspiegabile anomalia è stata rilevata e documentata fotograficamente in occasione di un sopralluogo alla discarica Tre Monti effettuato in data 12 marzo 2012 dalla società *Infomap* per preparare la campagna 2012. Come si vede chiaramente, nella foto riportata in Fig.5, la chiave etichettata con la scritta Pz5, e nella disponibilità del Corpo Forestale dello Stato, apre il piezometro Pz1 (e viceversa). Questo ha certamente causato lo scambio dei certificati analitici.



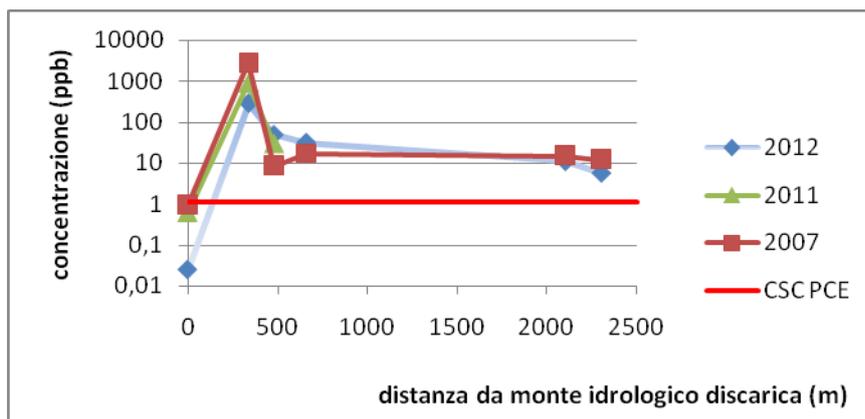
**Fig.5: foto effettuata presso il piezometro Pz1 il giorno 12 marzo 2012, in cui si vede come la chiave etichettata con Pz5 apre il lucchetto del piezometro Pz1.**

Nei commenti successivi, pertanto, il dato analitico erroneamente assegnato, nei certificati della campagna di analisi 2011, al Pz5 sarà attribuito al Pz1 e viceversa.

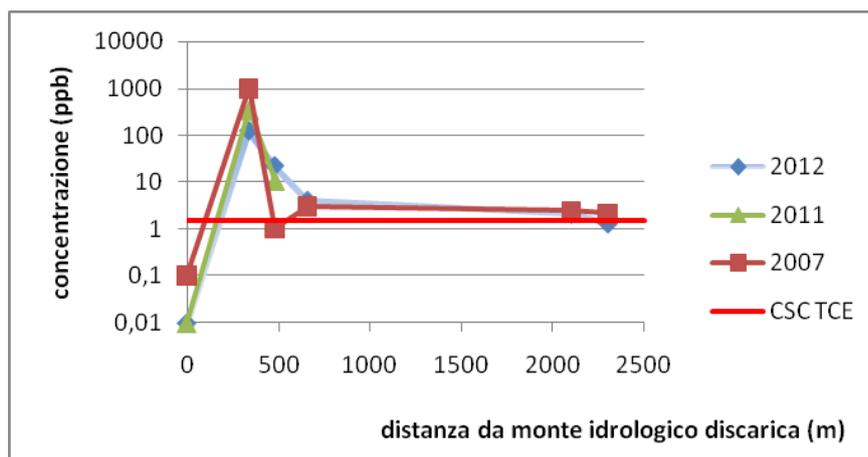
Per ogni analita verrà mostrato un grafico di confronto, per le varie zone, fra la concentrazione di picco rilevata nel 2012 con quella di picco rilevata nel 2011 e con il picco rilevato fra le 3 del 2007. Nel confronto fra le medie delle concentrazioni abbiamo tenuto separati i valori di picco del piezometro Pz1, del tutto sovradimensionati e quindi poco commensurabili con tutti gli altri.

**4.1 – Percloroetilene (PCE; limite di legge pari a 1.1 ppb):** la zona A, a monte della discarica, risulta sempre non contaminata; l'andamento delle concentrazioni è simile per i 3 anni di campionamento (Fig.6) ad eccezione del valore relativamente più basso per la Zona D per i dati del 2007 a causa del non campionamento del PP5. Considerando i valori di picco in ciascuna zona (senza la zona C, più contaminata, rappresentata dal Pz1), la media delle concentrazioni per il 2007 è pari a 11 ppb contro 19 ppb nel 2012; per le zone da A a D per il 2007 è pari a 5 ppb, per il 2011 è pari a 15 ppb contro 24 ppb nel 2012. Il valore di picco assoluto in zona C, invece, vede, per il 2012, un rapporto di concentrazione, rispetto al 2007 e 2011, pari, rispettivamente, a 0.1 e 0.31.

**4.2 – Tricloroetilene (TCE; limite di legge pari a 1.5 ppb):** la zona A, a monte della discarica, risulta sempre non contaminata; l'andamento delle concentrazioni è simile per i 3 anni di campionamento (Fig.7) ad eccezione del valore relativamente più basso per la Zona D per i dati del 2007 a causa del non campionamento del PP5. Considerando i valori di picco in ciascuna zona (senza la zona C, più contaminata, rappresentata dal Pz1), la media delle concentrazioni per il 2007 è pari a 1.7 ppb contro 6 ppb nel 2012; per le zone da A a D per il 2007 è pari a 0.6 ppb, per il 2011 è pari a 5 ppb contro 11 ppb nel 2012. Il valore di picco assoluto in zona C, invece, vede, per il 2012, un rapporto di concentrazione, rispetto al 2007 e 2011, pari, rispettivamente, a 0.12 e 0.36.

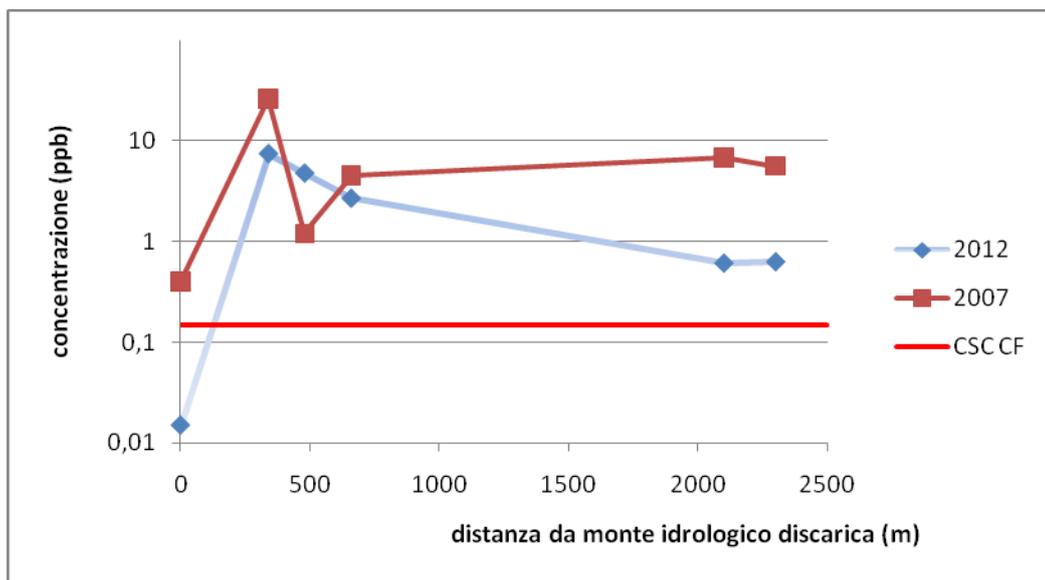


**Fig.6: picchi di concentrazione del PCE nei 3 anni disponibili di campagne analitiche, secondo la medesima distribuzione di punti indicata in Fig.2, in relazione alla distanza in metri, da monte idrologico discarica, del baricentro della zona considerata. Per la zona A (distanza 0) è considerato il piezometro Pz5; per la Zona F è considerata la posizione del piezometro B3. Le concentrazioni al Pz5 sono poste pari alla metà del limite di rilevabilità, se la concentrazione è inferiore al limite. La scala delle concentrazioni è logaritmica. In rosso è riportata la CSC del PCE.**



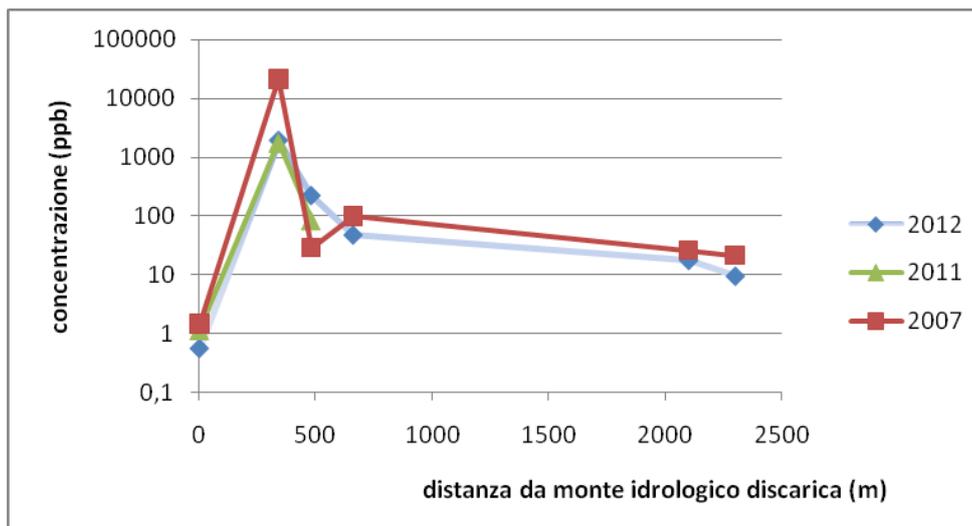
**Fig.7: picchi di concentrazione del TCE nei 3 anni disponibili di campagne analitiche, secondo la medesima distribuzione di punti indicata in Fig.2, in relazione alla distanza in metri, da monte idrologico discarica, del baricentro della zona considerata. Per la zona A è considerato il piezometro Pz5 (distanza 0); per la Zona F è considerata la posizione del piezometro B3. Le concentrazioni al Pz5 sono poste pari alla metà del limite di rilevabilità, se la concentrazione è inferiore al limite. La scala delle concentrazioni è logaritmica. In rosso è riportata la CSC del TCE.**

**4.3 – Cloroformio (CF; limite di legge pari a 0.1 ppb):** l'analita non è stato analizzato nel 2011. La zona A, a monte della discarica, mentre risulta pulita nel 2012, presenta un debole superamento della CSC nel 2007 (0.4 ppb). L'andamento successivo delle concentrazioni è un po' diverso fra 2007 e 2012 (Fig.8): oltre al valore relativamente più basso per la Zona D per i dati del 2007, a causa del non campionamento del PP5, si ha che le concentrazioni rimangono sistematicamente alte per le zone F e G. Considerando i valori di picco in ciascuna zona (senza la zona C, più contaminata), la media delle concentrazioni per il 2007 è pari a 3.7 ppb contro 1.8 ppb nel 2012; per le zone da A a D per il 2007 è pari a 2.4 ppb contro 0.8 ppb nel 2012. Il valore di picco assoluto in zona C, invece, vede, per il 2012, un rapporto di concentrazione, rispetto al 2007, pari a 3.5.



**Fig.8: picchi di concentrazione del CF nei 2 anni disponibili di campagne analitiche, secondo la medesima distribuzione di punti indicata in Fig.2, in relazione alla distanza in metri, da monte idrologico discarica, del baricentro della zona considerata. Per la zona A è considerato il piezometro Pz5; per la Zona F è considerata la posizione del piezometro B3. Le concentrazioni al Pz5 (distanza 0) sono poste pari alla metà del limite di rilevabilità, se la concentrazione è inferiore al limite. La scala delle concentrazioni è logaritmica. In rosso è riportata la CSC del CF.**

**4.4 – Eteno clorurati (EC).** Nella zona A, a monte della discarica, risulta un lieve superamento della CSC per 1,1DCE, pari a 0,21 ppb, nel 2011. L'andamento successivo delle concentrazioni risulta coerente fra i 3 anni di campionamento (Fig.9), salvo il valore relativamente più basso per la Zona D per i dati del 2007, a causa del non campionamento del PP5. Considerando i valori di picco in ciascuna zona (senza la zona C, più contaminata), la media delle concentrazioni per il 2007 è pari a 35 ppb contro 59 ppb nel 2012; per le zone da A a D per il 2007 è pari a 15 ppb, per il 2011 è pari a 43 ppb contro 110 ppb nel 2012. Il valore di picco assoluto in zona C, invece, vede, per il 2012, un rapporto di concentrazione, rispetto al 2007, pari a 0.09 ed è di poco superiore (1.06 volte) a quello del 2011.

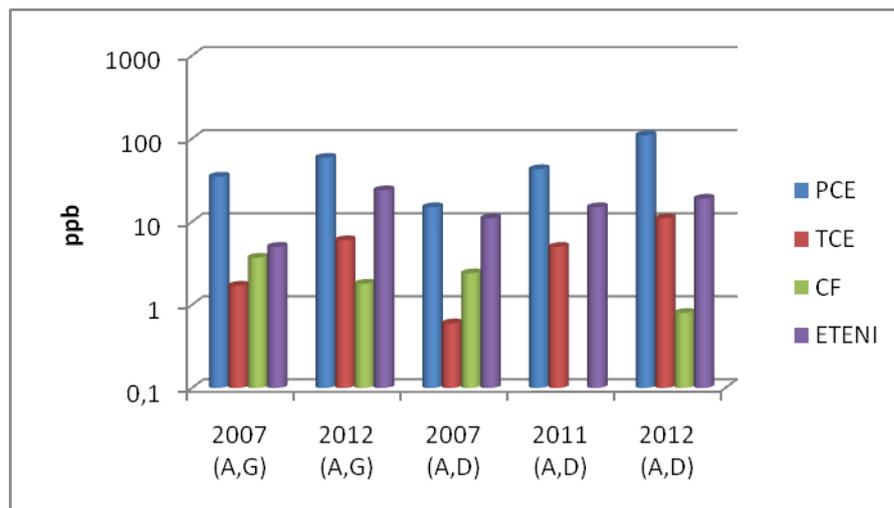


**Fig.9: picchi di concentrazione della somma di eteni clorurati nei 3 anni disponibili di campagne analitiche, secondo la medesima distribuzione di punti indicata in Fig.2, in relazione alla distanza in metri, da monte idrologico discarica, del baricentro della zona considerata. Per la zona A è considerato il piezometro Pz5; per la Zona F è considerata la posizione del piezometro B3. La scala delle concentrazioni è logaritmica.**

4.5 – Commento. La campagna analitica dell'Aprile 2012 manifesta un *trend* generale che è analogo a quanto rilevato nelle campagne precedenti. **Anche le campagne precedenti evidenziano come la discarica Tre Monti sia il focolaio primario di contaminazione e come lo stato di contaminazione perduri fino al Campo Pozzi di Colle Sant'Angelo.**

In termini di picchi assoluti di concentrazione i valori rilevati nel 2012 sono inferiori, soprattutto per gli Eteni Clorurati, ai valori rilevati nel 2007 e 2011 (pur essendo comunque fortemente superiori alle CSC). A questo proposito non può essere escluso, come concausa di tale diminuzione di concentrazione, l'effetto del *capping* operato sulla discarica che ha certamente diminuito il tasso di infiltrazione e quindi la produzione di percolato contaminato in infiltrazione verso la falda sottostante.

Se si escludono i valori di picco della Zona C (discarica Tre Monti), come mostrato in Fig.10, si nota come le concentrazioni rilevate nel 2012 siano mediamente maggiori, per PCE, TCE e somma di Eteni Clorurati, rispetto a quelle rilevate nelle campagne precedenti, dimostrando l'efficienza, soprattutto per le concentrazioni basse, di un campionamento basato sul basso-flusso, sul campionamento passivo e sulla scelta della profondità di prelievo basata su prospezione EBF. Solo la concentrazione media di Cloroformio tende ad essere leggermente inferiore a quella del 2007.



**Fig.10: concentrazione media (in ppb; scala logaritmica) dei valori di picco per le diverse zone di alcuni analiti nei 3 anni disponibili di campagne analitiche. Nel calcolo della media sono sempre escluse le zone B,C (discarica Tre Monti). (A,G) significa A,D,E,F,G; (A,D) significa A,D.**

## 5. IDROCHIMICA DI BASE

Su ogni punto della rete di monitoraggio sono stati anche determinati, *in situ*, i parametri chimico-fisici (T-temperatura, EC-conducibilità elettrica specifica a 20°C, pH, Eh-Potenziale di Ossido-Riduzione) e sono stati analizzati i macro-componenti inorganici (cationi + anioni principali) per la determinazione delle caratteristiche idrochimiche di base. La Temperatura ed il Potenziale Redox non sono stati determinati nelle acque superficiali.

Nella Tabella in calce alla presente relazione sono mostrati i dati relativi ai parametri fisico-chimici ed agli analiti determinati.

Qui di seguito verranno commentati brevemente i dati suddetti, suddividendo i punti di monitoraggio nelle Zone da A a G, per quanto riguarda le acque sotterranee. Il commento inizierà dalle acque superficiali.

Acque superficiali: il fiume Pescara naturale ha una EC di 492  $\mu\text{S}/\text{cm}$  mentre il Tirino naturale ha una EC di 537  $\mu\text{S}/\text{cm}$ . Al campo pozzi il Pescara ha una EC leggermente inferiore (479  $\mu\text{S}/\text{cm}$ ) per l'effetto di ricarica di subalveo da parte del Massiccio del Morrone. Lo scarico di stabilimento ha una EC di 772  $\mu\text{S}/\text{cm}$  che altera assai lievemente il chimismo del Pescara subito a valle. Il pH dei fiumi è fra 7.8 e 7.9 (circa 7.5 per scarico di stabilimento).

La facies idrochimica dei fiumi è bicarbonato alcalino-terrosa; lo scarico ha una facies simile ma con un migrazione verso un tenore più alcalino e clorurato (Fig.11).

Zona A (Pz5): il piezometro ha una EC di 1301  $\mu\text{S}/\text{cm}$  ed un Eh fortemente negativo (-132 mV), indice di circolazione idrica assai lenta ed anossica. La facies idrochimica è clorurato-alcalina, con

sodio dominante fra i cationi. Il tutto è tipico di un deposito fine limo-argilloso all'interno di una discarica.

Zona B (Pz4, Pz3): le caratteristiche chimiche sono tipiche di un'acqua assai poco evoluta, prossima alla composizione dell'acqua piovana (salinità minore rispetto al Pz5, facies bicarbonato-calcica prossima al termine estremo diluito della serie di campionamento; Fig.11). Si tratta di una acqua di impregnazione di un corpo di discarica all'interno di un mezzo poco permeabile.

Zona C (Pz2, Pz1): mentre le caratteristiche del Pz2, in termini di pH, conducibilità elettrica e facies idrochimica, sono affini alle acque del Pescara (è il piezometro della discarica Tre Monti più affine al fiume), le caratteristiche del Pz1 sono tipiche di un'acqua influenzata da un percolato di discarica: EC superiore a 1500  $\mu\text{S}/\text{cm}$ , pH pari a 7.2 e facies idrochimica clorurato-solfato calcica (è il campione con il maggiore tenore di Solfato, tipico di percolato di discarica).

**Fra tutti i piezometri della discarica Tre Monti, l'unico veramente influenzato dal percolato di discarica è il Pz1**; gli altri lo sono assai meno o per la bassa permeabilità delle terre in cui sono filtrati o per l'effetto di alimentazione e diluizione del Pescara (Pz2).

Zona D (P41, P23.1, P23.2, PP5): osservando la figura 11 si noti come, rispetto al termine estremo rappresentato dalle acque superficiali ad una estremità ed all'altro termine estremo rappresentato dal percolato della discarica Tre Monti all'altra estremità (Pz1), il PP5 sia più vicino al percolato mentre P41 e P23.1 sono più spostati verso il polo dell'acqua superficiale. Il P23.2, peraltro, è totalmente affine alle acque superficiali, anche in termini di conducibilità elettrica.

Il P23.2, in effetti, non mostra segni di contaminazione. P41 e P23.1 sono mediamente contaminati. **PP5 è il più contaminato ed è quello più affine al percolato proveniente da Tre Monti.**

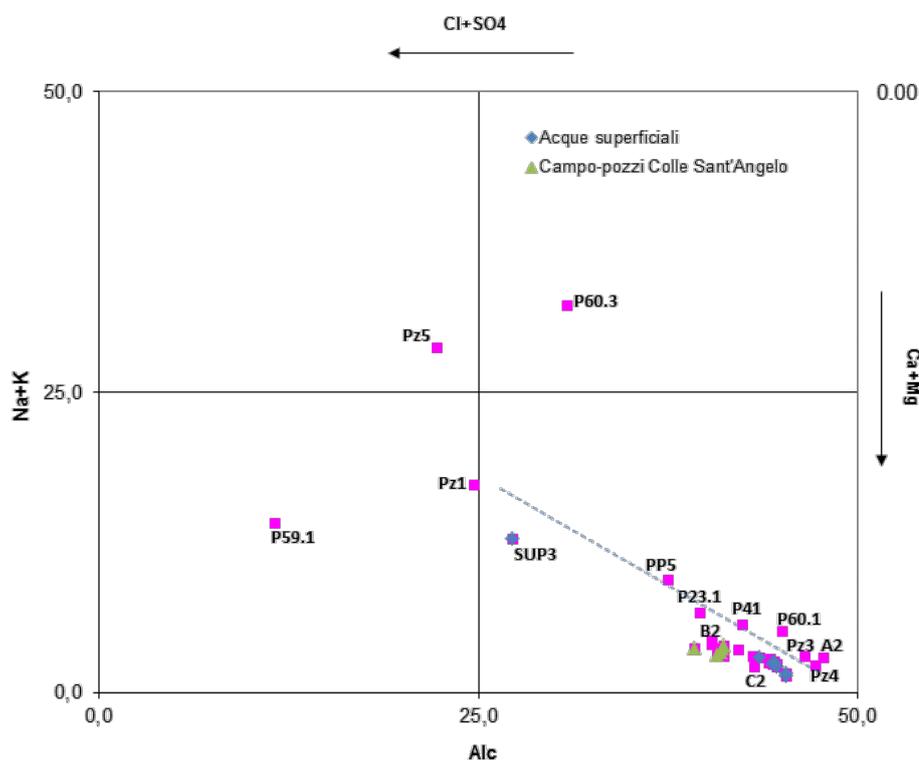
Zona E (P59.1, P60.1, A2, P59.2, P60.2, P60.3): la zona è molto variegata da un punto di vista composizionale. A2 è il termine estremo della serie idrochimica (Fig.11) affine all'acqua meteorica (rappresenta una sacca di acqua superficiale anossica ed è di fatto non contaminato); P60.3 è una facies profonda, bicarbonato-alcina, comunque anossica, del tutto slegata dal ciclo idrologico superficiale (e di fatto non è contaminato); P59.1 è l'acqua caratterizzata da una enorme salinità (conducibilità superiore a 4000) con elevatissima concentrazione di cloruro e facies clorurato-calcica, il tutto legato ad un'origine puntuale di possibile contaminazione del piezometro, con acqua comunque non contaminata.

P60.1, P60.2 e P59.2 sono invece legati al ciclo idrologico, rappresentano acque bicarbonato-alcino terrose con P60.1 più influenzato dalla ricarica di acqua meteorica. Sono comunque tutti e tre caratterizzati da un grado variabile ma presente di contaminazione.

Zona F (A5, A3, B2, B3): la composizione chimica è costante, non vi sono anomalie idrochimiche di sorta e la facies è bicarbonato alcalino-terrosa.

Zona G (ACAmonte, ACAvalle, P3ACA, ACA4, ACA6, C2): il grafico di Fig.11 evidenzia chiaramente come l'acqua del **campo pozzi di Colle Sant'Angelo, ad eccezione del punto C2, non sia affine all'acqua superficiale del Pescara ma abbia una tipologia idrochimica definita e tipica di una acqua sotterranea. Ciò conferma che non è tanto il fiume che alimenta la falda (e quindi potenzialmente la inquina) quanto la falda che si riversa nel fiume.**

La composizione chimica e la facies sono tipicamente bicarbonato alcalino-terrose più evolute rispetto alle acque superficiali. Il valore redox fortemente negativo di ACA6 è da mettere in relazione alle condizioni di anossia della colonna d'acqua nel pozzo ed allo sviluppo di reazioni locali ferro riducenti.



**Fig.11: diagramma di Langelier-Ludwig di definizione della facies idrochimica. La linea tratteggiata è la linea di miscelazione fra i 2 poli estremi (vedi testo).**

Commento conclusivo: le acque dei 33 punti di campionamento sono prevalentemente caratterizzate da una facies bicarbonato alcalino-terrosa, tipica di circuiti idrici a ciclo breve in stretta relazione con la ricarica meteorica superficiale.

La facies delle acque superficiali (punti blu in Fig.11) è ben caratterizzata e distinta rispetto alla facies del campo-pozzi di Colle Sant'Angelo (triangoli verdi in Fig.11) confermando il fatto che la falda del campo-pozzi è alimentata soprattutto dalla ricarica laterale dai massicci carbonatici e non dalle acque superficiali dei fiumi (come ad esempio il piezometro C2).

L'evoluzione idrochimica della facies bicarbonato-alcalino terrosa ha 2 poli alle 2 estremità. Ad una estremità vi è il polo dell'acqua meteorica, a cui sono affini i piezometri A2, Pz4, Pz3. All'estremità opposta vi è il piezometro Pz1, con circolazione nei travertini interessata dal

percolato della discarica Tre Monti. Si noti come il piezometro PP5 sia allineato lungo la congiungente immaginaria questi 2 poli, segno che il PP5 è un percolato diluito dall'acqua di circolazione in falda. **Quindi la contaminazione in PP5 deriva da Tre Monti, come già stabilito dall'analisi idrochimica.**

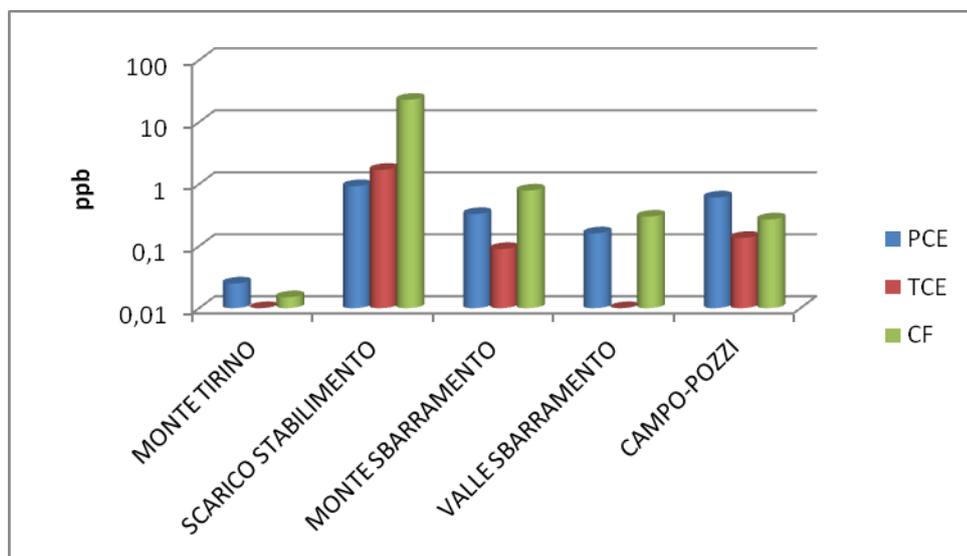
Vi sono poi delle anomalie al di fuori della facies-idrochimica e della contaminazione dalla discarica, legate a fatti geochimici locali o a contaminazioni puntuali o al tipo di completamento del piezometro o, ancora, alla difficoltà di effettuare uno spurgo adeguato.

## 6. CONCLUSIONI

In sintesi, riportiamo qui i punti salienti:

- La fonte di contaminazione primaria degli acquiferi della valle del Pescara e del campo-pozzi di Colle Sant'Angelo è rappresentata dalla discarica Tre Monti, il cui percolato, sebbene meno alimentato dalla ricarica per gli interventi di *capping*, continua a riversarsi negli acquiferi di fondovalle e, migrando soprattutto nei travertini permeabili, si diffonde a valle, contaminando l'acquifero fino a circa 2 km e mezzo dalla sorgente;
- Non trova fondamento ogni ricostruzione che imputi la fonte di contaminazione a sorgenti presenti nel fiume Pescara a monte della discarica. Il fiume a monte è pulito e la distribuzione delle concentrazioni mostra come la discarica sia la fonte di inquinamento primario. Inoltre risulta evidente che le concentrazioni degli inquinanti nel Pescara, a valle della discarica, siano comunque inferiori a quelle in falda;
- In corrispondenza del campo pozzi di Colle Sant'Angelo, e quindi della falda che era destinata all'approvvigionamento idropotabile di Pescara, a più di 2 km di distanza dalla discarica, la concentrazione di PCE, TCE, 1,1DCE, CF, 1,1,2,2TeCA, 1,1,2TCA è sistematicamente, ed ancora oggi (per alcuni analiti) o occasionalmente (per altri), superiore alle CSC del D.Lgs. 152/2006. Fra gli analiti che superano i limiti ci sono composti considerati cancerogeni come PCE, TCE, CF, 1,1DCE;
- L'eventuale contributo alla contaminazione della valle del Pescara da parte delle attività produttive succedutesi nei decenni passati presso lo stabilimento di Bussi sul Tirino, relativamente all'apporto della discarica Tre Monti, è da considerarsi, ad oggi, del tutto trascurabile (vuoi per la conformazione idrogeologica vuoi per la messa in atto della barriera pozzi a partire dal 2003). La presenza di CT e EE lungo la valle del Pescara può essere dovuta anche a migrazioni di inquinanti dallo stabilimento, in maggior misura che dalla discarica (tali analiti sono comunque non normati dal D.Lgs. 152/2006 e sono presenti in basse concentrazioni);
- Gli analiti clorurati presenti nel Pescara a valle della confluenza Tirino sono primariamente originati dallo scarico di stabilimento che, allo stato attuale, ha una concentrazione maggiore di quanto ritrovato poi a valle nel fiume Pescara; ad ogni modo, la distribuzione

della concentrazione lungo l'asta fluviale, indica che il Pescara viene anche contaminato da una fonte aggiuntiva. Osserviamo al proposito la Fig.12 che riporta l'andamento delle concentrazioni di PCE, TCE, CF misurata lungo il fiume Pescara nell'Aprile 2012. A monte della confluenza Tirino il fiume è pulito (nel grafico sono state poste, per correttezza, concentrazioni pari alla metà del limite di rilevabilità); a valle dello scarico si assiste ad una progressiva diluizione della concentrazione presente nello scarico, diluizione che però si inverte, con un evidente nuovo aumento delle concentrazioni, in corrispondenza del campo-pozzi. Sembra evidente, pertanto, che in corrispondenza del campo-pozzi la falda alimenta il fiume e, essendo inquinata, contribuisce ad incrementare il carico inquinante del fiume.



**Fig.12: Concentrazione di PCE, TCE, CF rilevata in 4 sezioni del fiume Pescara ed allo scarico di stabilimento nell'Aprile 2012. La scala sulle ordinate è logaritmica. Alla sezione SUP2 (Monte Tirino) è stata posta una concentrazione pari alla metà del limite di rilevabilità.**

- La campagna di prelievi del 2012 è coerente con le campagne precedenti del 2007 e del 2011, ad eccezione di una differenza clamorosa: appare evidente come vi sia stato uno scambio di campioni, nell'etichettatura dei medesimi, fra il piezometro Pz5 (appartenente alla Zona A, monte flusso discarica) ed il piezometro Pz1 (appartenente alla Zona C, valle flusso discarica). Infatti, fra tutti e 5 i piezometri della discarica, mentre a seguito delle tre campagne 2007 e della campagna 2012 risultava essere il Pz5 il piezometro più pulito ed il Pz1 quello più contaminato, come correttamente era prevedibile sulla base della localizzazione del focolaio di inquinamento (discarica) rispetto al verso del flusso di falda, nella campagna 2011 avveniva esattamente il contrario. La causa di tale apparentemente inspiegabile anomalia era chiaramente portata alla luce in occasione del sopralluogo alla

discarica Tre Monti effettuato in data 12 marzo 2012 dalla società *Infomap* per preparare la campagna 2012;

- Le concentrazioni medie degli analiti inquinanti rilevate nel 2012, ad eccezione dei picchi di contaminazione in corrispondenza della discarica Tre Monti, risultano superiori, per gli eteni clorurati, a quelle rilevate nel 2007 e 2011, confermando la bontà dell'approccio di prelievo basato su basso-flusso e campionamento passivo preceduto da indagine con *borehole flow meter*; le concentrazioni di picco alla discarica Tre Monti risultano inferiori a quelle del 2007 e 2011, risultando comunque nettamente maggiori dei limiti di legge;
- L'analisi idrochimica di base ha confermato le risultanze delle indagini sulla distribuzione della contaminazione: l'acqua sotterranea del campo-pozzi di Colle Sant'Angelo è ben definita rispetto al fiume Pescara e non è da esso alimentata. Il piezometro PP5 è contaminato dal medesimo percolato proveniente dalla discarica Tre Monti e rappresentato dal campione del piezometro Pz1;
- Anche nel 2012, come nel 2007 e nel 2011, si conferma come la discarica Tre Monti sia il focolaio primario di contaminazione della valle del Pescara.

**Bologna, 15 settembre 2012**

**Prof. Alessandro Gargini**

Handwritten signature of Alessandro Gargini in black ink on a white background.

ID	T (°C)	EC(μS/cm)	pH	Eh (mV)	Na <sup>+</sup>	K <sup>+</sup>	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	F <sup>-</sup>	Cl <sup>-</sup>	Br <sup>-</sup>	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>
P3ACA	12,5	449	7,8	118	8,65	0,93	76,61	11,19	241	0,154	12,59	0,046	1,76	23,61
ACAMonte	11,4	406	7,8	90	6,5	0,7	62,46	12,33	228,8	0,283	10,87		1,44	25,14
ACAvalle	11,4	413	7,8	83	8,1	0,85	71,63	13,19	231,9	0,126	10,44		0,84	25,89
ACA4	10,6	407	7,8	-13	6,48	0,89	68,64	12,04	216,6	0,123	10,35		1,01	24,92
ACA6	11,2	309	8	-392	6,33	0,74	54,87	12,14	176,9	0,1	11,47	0,041	1,31	23,13
P41	12,4	798	7,3	-130	23,67	2,96	139,5	19,78	469,8	0,235	26,36		0,94	31,07
P23.1	12	623	7,6	66	23,09	1,08	101,83	19,21	341,7	0,204	23,44	0,145	3,47	39,23
PP5	13,5	717	7,7	-122	34,36	1,94	103,19	17,62	347,8	0,237	36,63	0,099		42,17
P23.2	11,4	498	7,7	89	6,99	1,3	85,65	14,09	305,1	0,146	9,28		3,73	18,78
PF60.2	11,6	588	7,8	92	9,13	1,13	101,31	19,17	338,6	0,208	20,46	0,052	2,85	29,41
PF60.1	11,6	629	7,6	162	16,02	1,14	96,98	18,86	378,3	0,178	8,42		15,94	21,62
PF60.3	13,8	926	7,6	-217	165,25	0,46	62,36	10,16	387,5	0,455	105,45	0,941	0,24	46,63
PF59.1	12,6	4300	7,2	-9	294,37	0,85	514,73	81,77	640,7	0,135	1142,26	0,309		130,06
PF59.2	11,5	542	7,7	72	6,27	2,59	97	18,71	335,6	0,184	8,09	0,025	3,21	24,1
Pz1	13,8	1520	7,2	22	127,18	7,01	171,19	27,34	479	0,269	185,85	0,415	32,21	136,12
Pz2	11,9	493	7,7	45	5,34	2,5	91,41	15,18	311,2	0,147	8,4	0,026	4,11	17,66
Pz3	11	858	7,4	122	14,39	0,34	158,63	22,96	543	0,134	9,32	0,104	5,8	19,49
Pz4	12,6	417	7	-215	6,03	1,96	116,73	8,96	396,6	0,166	9,49	0,113	1,88	5,51
Pz5	11,2	1301	7,4	-134	164,4	3,08	87,24	12,16	353,9	0,181	246,92		1,21	13,91
A2	13,3	705	7,1	-150	7,1	9,7	135,87	25,38	543	0,5	14,87	0,17	5,43	0,49
A3	11,7	560	7,5	77	8,51	0,54	90,49	15,14	338,6	0,15	18,15	0,03	0,84	18,26
A5	11,9	524	7,7	13	8,91	1,41	85,23	16,26	299	0,17	14,47	0,03	1,54	24,42
B2	11	592	7,6	79	11,54	1,34	91,77	18,13	302	0,15	23,45		4,32	25,07
B3	11,5	502	7,7	60	11,29	1,05	83,61	15,3	274,6	0,17	16,33	0,06	1,69	29,89
C2	10,3	353	7,8	32	3,63	0,62	64,69	10,3	219,7	0,11	6,56		0,89	18,59
SUP1		492	7,8		5,02	2,07	82,54	14,5	286,8	0,14	8,21		3,6	17,47
SUP2		494	7,7		5,04	1,03	84,9	15,2	299	0,14	8,15		3,06	17,51
SUP3		772	7,5		49,08	1,05	93,07	19,31	268,5	0,17	114,07	0,99	4,17	21,58
SUP4		529	7,6		6,98	1	89,59	18,68	329,5	0,18	8,52		5,37	20,61
SUP5		511	7,8		6,18	0,98	92,16	18,26	314,2	0,16	8,38		3,24	18,81
SUP6		537	7,8		3,59	0,93	91,98	19,83	335,6	0,18	4,85		3,16	20,75
SUP7		540	7,9		3,66	1,39	91,11	19,3	341,7	0,18	4,98		3,37	21,53
SUP8		479	7,8		6,6	1,11	76,34	16,03	280,7	0,15	9,09	0,03	2,79	20,59

**Tabella: Valori dei parametri *in situ* e delle specie chimiche analizzate per l'idrochimica di base. Le concentrazioni degli analiti sono espresse in ppm (mg/L).**

